

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Oktober 2001 (11.10.2001)

PCT

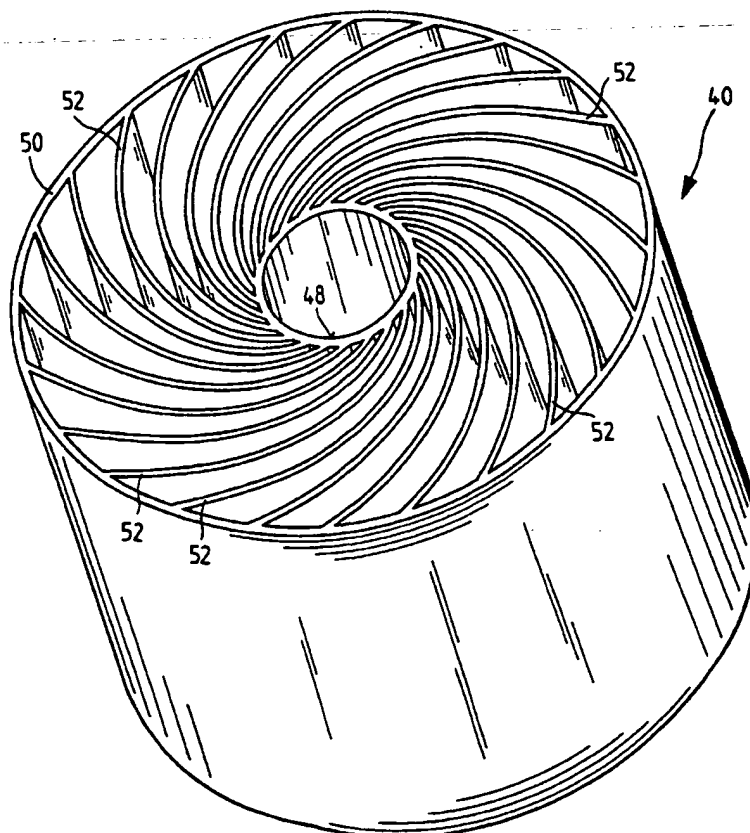
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/74492 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B04B 7/12, 1/04, 9/06
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/03563
- (22) Internationales Anmeldedatum: 29. März 2001 (29.03.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 60/194,209 3. April 2000 (03.04.2000) US
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH [DE/DE]; 71631 Ludwigsburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MILLER, Andrew, J. [US/US]; 8831 Manton Avenue, Plymouth, MI 48170 (US).
- (74) Anwalt: VOTH, Gerhard; Filterwerk Mann+Hummel GmbH, 71631 Ludwigsburg (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CENTRIFUGE HAVING AXIALLY ORIENTED SEPARATOR SURFACES

(54) Bezeichnung: ZENTRIFUGE MIT AXIAL AUSGERICHTETEN ABLAGERUNGSFLÄCHEN



(57) Abstract: The invention relates to an inset for a centrifuge rotor. The inset preferably consists of an inner tube (48) and an outer tube (50). Said inset can be perfectly fitted into the appurtenant centrifuge rotor by means of said tubes in such a way that the fluid is forced to flow through between separator surfaces (52) that are configured in a bent manner and are situated between the outer tube and the inner tube. Said surfaces result in an optimum separation of the particles by virtue of the bend thereof, said particles being in the fluid. Such an inset can especially be used in free jet centrifuges for cleaning lubricating oil of an internal combustion engine.

(57) Zusammenfassung: Vorge schlagen wird ein Einsatz für einen Zentrifugenrotor, der bevorzugt aus einem Innenrohr (48) und einem Aussenrohr (50) besteht. Mit Hilfe dieser Rohre lässt er sich passgenau in den zugehörigen Zentrifugenrotor einsetzen, so dass das Fluid gezwungen ist, zwischen gekrümmt ausgeführten Abscheideflächen (52) hindurchzufließen, welche sich zwischen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/74492 A2



LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ,
PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA,
UG, US, UZ, VN, ZA.

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK,
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),
OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.*

dem Aussen- und dem Innenrohr befinden. Diese Abscheideflächen bewirken aufgrund ihrer Krümmung eine optimale Abscheidung der im Fluid befindlichen Partikel. Ein solcher Einsatz kann insbesondere bei Freistrahlfzentrifugen zur Reinigung von Schmieröl einer Brennkraftmaschine verwendet werden.

Zentrifuge mit axial ausgerichteten Ablagerungsflächen

Beschreibung

Stand der Technik

- 5 Die Erfindung betrifft eine Zentrifuge, insbesondere eine Freistrahlezentrifuge zur Reinigung von Schmieröl einer Brennkraftmaschine, aufweisend axial ausgerichtete Ablagerungsflächen nach der Gattung des Patentanspruches 1. Außerdem betrifft die Erfindung einen Einsatz für einen solchen Zentrifugenrotor, aufweisend besagte Ablagerungsflächen nach der Gattung des Patentanspruches 8.
- 10 Derartige Ablagerungsflächen für Zentrifugenrotoren sind beispielsweise aus der WO00/23194 bekannt. Diese Ablagerungsflächen sind in einem auswechselbaren Einsatz angeordnet und sollen die Schmutzaufnahme des zu zentrifugierenden Fluids bewirken. Ist ein solcher Einsatz genügend mit Partikeln beladen, kann dieser ausgewechselt oder gereinigt werden. Dadurch ist ein besonders wirtschaftlicher Betrieb der Zentrifugen-
- 15 rotoren möglich, da bei Erreichen der höchsten Schmutzaufnahmekapazität des Rotors nur der Einsatz gewechselt werden muss.

Allerdings erbringen die bekannten Schmutzaufnahmeeinsätze bisher kein optimales Ergebnis hinsichtlich der Abscheideleistung der Zentrifugen. Die Einsätze sind nicht optimal an die im Zentrifugenrotor vorliegenden Strömungsverhältnisse angepasst, weswegen die

20 Schmutzpartikel nicht vollständig aus dem zu zentrifugierenden Fluid entfernt werden können.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Zentrifuge mit einem im Rotor untergebrachten Einsatz zu schaffen, welche optimale Ergebnisse hinsichtlich der abgeschiedenen Partikel liefert. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 sowie 8 gelöst.

25

Vorteile der Erfindung

Erfindungsgemäß ist in dem Zentrifugenrotor ein Einsatz untergebracht, welcher Ablagerungsflächen aufweist, die spiralförmig zur Drehachse des Rotors ausgerichtet sind. Insgesamt ist der Einsatz axial durchströmbar, d. h. dass die Ablagerungsflächen derart axi-

al im Einsatz angeordnet sind, dass sie eine axiale oder zumindest im wesentlichen axiale Durchströmung desselben erlauben.

Die spiralförmige Anordnung der Ablagerungsflächen ist also derart zu verstehen, dass diese im Bezug auf eine durch die Drehachse des Rotors verlaufende Gerade einen Winkel zwischen 0 und 90° aufweisen (dabei würde 0° eine Ausrichtung als Radialrippe und 90° eine Gestaltung als Umfangswand bedeuten).

Hierdurch wird eine optimale Abscheidung erreicht, da die beschriebene Ausrichtung der Ablagerungsflächen zu einer optimalen Beschleunigung der abzuschheidenden Partikel durch Drehung des Rotors führt. Die Teilchen werden durch die konkave Fläche der Ablagerungsflächen beschleunigt und auf der konvexen Fläche der benachbarten Ablagerungsfläche bzw. am äußeren Umfangsrand des Einsatzes abgeschieden. Der Rotor muss ausgewechselt werden, wenn die Ablagerungen ein Ausmaß angenommen haben, dass das Fluid nicht mehr genügend schnell durch die von den Ablagerungsflächen gebildeten Kanäle fließen kann.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung verlaufen die Ablagerungsflächen in einem konstanten Winkel α zu beliebigen, durch die Drehachse des Rotors verlaufenden Ebenen. Hierdurch wird eine stetige Beschleunigung des Fluids in den besagten Kanälen des Einsatzes erreicht. Ein besonders gutes Ergebnis hinsichtlich der Abscheidung lässt sich erreichen, wenn der Winkel α 45° beträgt. Dies schließt jedoch in Abhängigkeit des Anwendungsfalles und der Partikelgröße nicht aus, dass Winkel gewählt werden können, die von dem Wert von 45° abweichen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen lassen sich erreichen, wenn der Einsatz entweder ein Innenrohr, ein Außenrohr oder jeweils ein Innen- und Außenrohr aufweist. An diesen Rohren können die Ablagerungsflächen befestigt sein, so dass ein stabiler Verbundkörper entsteht. Durch die Stabilität kann die Wandstärke der einzelnen Wände minimiert und somit das Volumen des Einsatzes maximiert werden, so dass dieser Raum zur Abscheidung von Partikeln zur Verfügung steht. Vorteilhafterweise ist der Einsatz mit dem Innen- und Außenrohr derart im Rotor eingebaut, dass der Einsatz sich mit dem Außenrohr im Rotor abstützt und das Innenrohr mit der Spindel des Gehäuses, welches die Lagerung für den Rotor trägt, reibungsarm kommuniziert. Damit ist gemeint, dass an dieser Stelle ein schmaler Spalt bestehen bleibt, der zu einer leichten Verdrehbarkeit des Rotors führt, jedoch nur einen geringen Nebenstrom des zu zentrifugierenden Fluids zulässt, damit dieses durch den Einsatz optimal zentrifugiert werden kann. Prinzipiell gilt dies

auch für eine Variante des Rotors, bei der dieser selbst ein Innenrohr aufweist, auf das das Innenrohr des Einsatzes gesteckt wird. Hier ist keine Relativbewegung zwischen den Innenrohren nötig. Daher kann ein besonders dichter Verbund geschaffen werden.

Vorteilhafterweise kann der Einsatz weiterhin auswechselbar im Rotor angeordnet sein.

5 Auf diese Weise muss bei Erreichen des Standzeitendes lediglich der Einsatz ausgetauscht werden. Anstelle eines Auswechselns ist ebenso eine Reinigung des Einsatzes denkbar, da die Ablagerungsflächen leicht zugänglich angeordnet sind. Die Reinigung kann z. B. mittels Druckluft oder mittels eines Reinigungsstrahls entlang der axialen Ablagerungsflächen erfolgen.

10 Weiterhin ist der beschriebene Einsatz als solcher unter Schutz gestellt, welcher für die Verwendung in einem Zentrifugenrotor der beschriebenen Art geeignet ist.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und der Zeichnung hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombi-
 15 nationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden in der Zeichnung anhand von schematischen
 20 Ausführungsbeispielen beschrieben. Hierbei zeigen

Figur 1 den schematischen Schnitt durch eine Freistrahlezentrifuge mit einem Rotor, in dem ein Einsatz eingebaut ist,

Figur 2 den Querschnitt durch einen Einsatz gemäß Figur 1 und

Figur 3 die perspektivische Ansicht des Einsatzes.

25

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist eine Zentrifuge 104 mit einem Rotor 10 dargestellt. Das Gehäuse 101 beinhaltet eine Spindel 12, auf der der Rotor mittels Lagerringen 16, 18 drehbar gelagert ist. Die Spindel ist weiterhin hohl ausgeführt, so dass über einen Einlass 102 entsprechend

des Pfeils 20 das Fluid durch Öffnungen 22, 24 in den Rotor 10 eindringen kann. Alternativ kann der Rotor 10 ein Lagerrohr aufweisen, welches die Lagerringe 16, 18 trägt und den Innenraum des Rotors von der Spindel trennt. In diesem Lagerrohr müssen zusätzliche Öffnungen zur Durchleitung des Fluids vorgesehen sein.

5 Weiterhin umfasst der Rotor 10 eine Außenwand 14. Die Außenwand 14 ist zur Spindel hin abgedichtet, wobei hierbei die Lagerringe 16, 18 zum Einsatz kommen. Über diese wird verhindert, dass die zu zentrifugierende Flüssigkeit vom Zentrifugenrotor in größeren Mengen in das Gehäuse austritt.

Die Flüssigkeit tritt durch die besagten Öffnungen 22, 24 in den Zentrifugenrotor ein.

10 Normalerweise besteht die Flüssigkeit aus dem Öl für eine Brennkraftmaschine.

Damit bildet der Rotor 10 eine Kammer 30, welche sich aus dem Zwischenraum zwischen den Lagerringen 16, 18 und der Außenwand 14 ergibt. Ohne eine beliebige Struktur in der Kammer 30 würde das Fluid den Weg des geringsten Widerstandes nehmen. Dieser Weg, wie sich bei Berechnungen gezeigt hat, erstreckt sich entlang der Spindel
15 und hinter einer ringförmigen Trennscheibe 32 hin zur Antriebskammer 33, welche sich unterhalb der Trennscheibe befindet. Während das Fluid diesem Weg folgt, ist seine Rotation jedoch geringer als die des Zentrifugenrotors. Dies hängt damit zusammen, dass in der Nähe der Spindel eine geringere Zentrifugalkraft wirkt, als an der Außenseite des Rotors. Hierdurch haben die abzuscheidenden Partikel eine weite Strecke zurückzulegen,
20 um zur Abscheidefläche an der äußeren Wand zu gelangen. Dies ist besonders bei Freistrahlezentrifugen von Nachteil, weil die Verweildauer des Fluids in diesen Zentrifugen aufgrund des ständigen Antriebsflusses an den Antriebsdüsen 38 zeitlich begrenzt ist. Daher muss ein effektives Abscheidungssystem für die Verwendung in Freistrahlezentrifugenrotoren eingesetzt werden. Dies ist Voraussetzung dafür, dass das Fluid nicht, ohne
25 effektiv einen Filterkuchen in der Zentrifuge aufzubauen, ungefiltert aus den Antriebsdüsen austritt, um anschließend z. B. wieder in die Ölwanne der Brennkraftmaschine zu fließen.

Daher ist in der Kammer 30 ein Einsatz 40 mit Abscheideflächen (vergleiche Figur 2) untergebracht. Dieser ist in Figur 1 lediglich als Umriss dargestellt (strichpunktiert). Der Einsatz 40 erstreckt sich von der Spindel 12 (alternativ, aber nicht dargestellt, von dem Lagerrohr) zu einer Außenwand 14 des Einsatzes. Der Einsatz weist weiterhin eine obere Stirnfläche 42 und eine untere Stirnfläche 44 auf. Nicht notwendig, aber vorteilhaft sind die Stirnfläche 42 und die Stirnfläche 44 parallel jeweils zu anderen und rechtwinklig zur

Drehachse 46 der Zentrifuge. Der Einsatz ist weiterhin derart ausgeführt, dass er ausgetauscht werden kann. Zu diesem Zweck ist der Zentrifugenrotor 10 und das Gehäuse 101 offenbar ausgeführt (nicht dargestellt). Der Einsatz ist dazu geeignet, eine große Menge der Partikel in dem zu zentrifugierenden Fluid zu sammeln. Wenn dieser seine 5 Grenzkapazität erreicht hat, kann dieser entweder weggeworfen und durch einen neuen Einsatz ersetzt werden oder er wird gereinigt und anschließend wieder eingesetzt. Da der Einsatz keine tragende Funktion zu übernehmen hat, kann dieser aus einem kostengünstigen Material gefertigt werden. Dies kann z. B. Kunststoff wie Nylon 66 sein. Dieses Material hat zusätzlich den Vorteil eines geringen Gewichts, wodurch die Trägheit des 10 Zentrifugenrotors gering ist und daher die Leistung der Antriebsdüsen zu hohen Drehzahlen führt. Außerdem lässt sich Kunststoff leicht verarbeiten. Durch den einfachen Aufbau des Einsatzes kann dieser z. B. als Strangpressprofil ausgeführt sein und passend zu dem entsprechenden Zentrifugenrotor abgelenkt werden.

In den Figuren 2 und 3 ist der Einsatz genauer dargestellt. Dieser beinhaltet ein Innenrohr 48 und ein Außenrohr 50. Das Innenrohr 48 ist derart gestaltet, dass der Durchmesser im wesentlichen gleich des Durchmessers der Spindel oder, im Falle der Verwendung eines Innenrohres, des Innenrohres ist (in Figur 1 nicht dargestellt). Dadurch wird ein Nebenstrom der zu zentrifugierenden Flüssigkeit ausserhalb des Einsatzes verhindert. 15 Dadurch wird das Fluid gezwungen, durch den mit den Abscheideflächen versehenen Einsatz zu fließen. Der Einsatz versetzt somit auf effektive Weise das zuzentrifugierende Fluid in die für die Abscheidung der Partikel notwendige Drehbewegung. Unabhängig vom Durchmesser wird damit das gesamte Fluid der selben Zentrifugalkraft ausgesetzt. Durch die geeignete Wahl des Winkels der gekrümmten Abscheideflächen zur jeweiligen Durchmesserlinie, die durch die Drehachse verläuft, kann der Abscheideweg und damit 25 die notwendige Zeit, die das Fluid im Rotor verbleiben muss, stark reduziert werden.

Das Außenrohr 50 besitzt einen Durchmesser, der ebenfalls im wesentlichen gleich dem inneren Durchmesser der Außenwandung 14 des Rotors ist. Dies kann der Figur 1 entnommen werden. Das Außenrohr 50 ist als Zylinder ausgeführt, welcher sich zwischen den beiden Stirnflächen 42 und 44 des Einsatzes erstreckt. Der Einsatz ist derart gestaltet, dass sich die Partikel an den konkav gekrümmten Abscheideflächen absetzen, wobei 30 eine zusätzliche Tendenz hin zum äußeren Durchmesser des Einsatzes besteht. Dies bedeutet, dass sich der Einsatz im wesentlichen von aussen nach innen mit dem Filterkuchen füllt, wie dies von Zentrifugen gemäss dem Stand der Technik bereits bekannt ist.

Den Figuren 2 und 3 ist weiterhin zu entnehmen, dass der Einsatz eine größere Zahl von Abscheideflächen 52 beinhaltet. Jede dieser Abscheideflächen erstreckt sich ebenfalls von der oberen Stirnseite 42 bis zur unteren Stirnseite 44 des Einsatzes. Außerdem verläuft jede der Abscheideflächen zwischen dem Innenrohr 48 und dem Außenrohr 50. Dadurch bildet jede Abscheidefläche eine Leitfläche, entlang derer die Partikel in dem zu zentrifugierenden Fluid wandern können, um im Einsatz abgeschieden zu werden. Dabei ist ein kontinuierlicher Verlauf der Krümmung der Abscheideflächen von großem Vorteil, da die Strömung auf diese Weise am wenigsten gestört wird. Turbulenzen in der Strömung, die eine Abscheidung stark negativ beeinflussen können und bei Einsätzen gemäß dem Stand der Technik notwendig sind, können bei dem beschriebenen Einsatz vollständig vermieden werden.

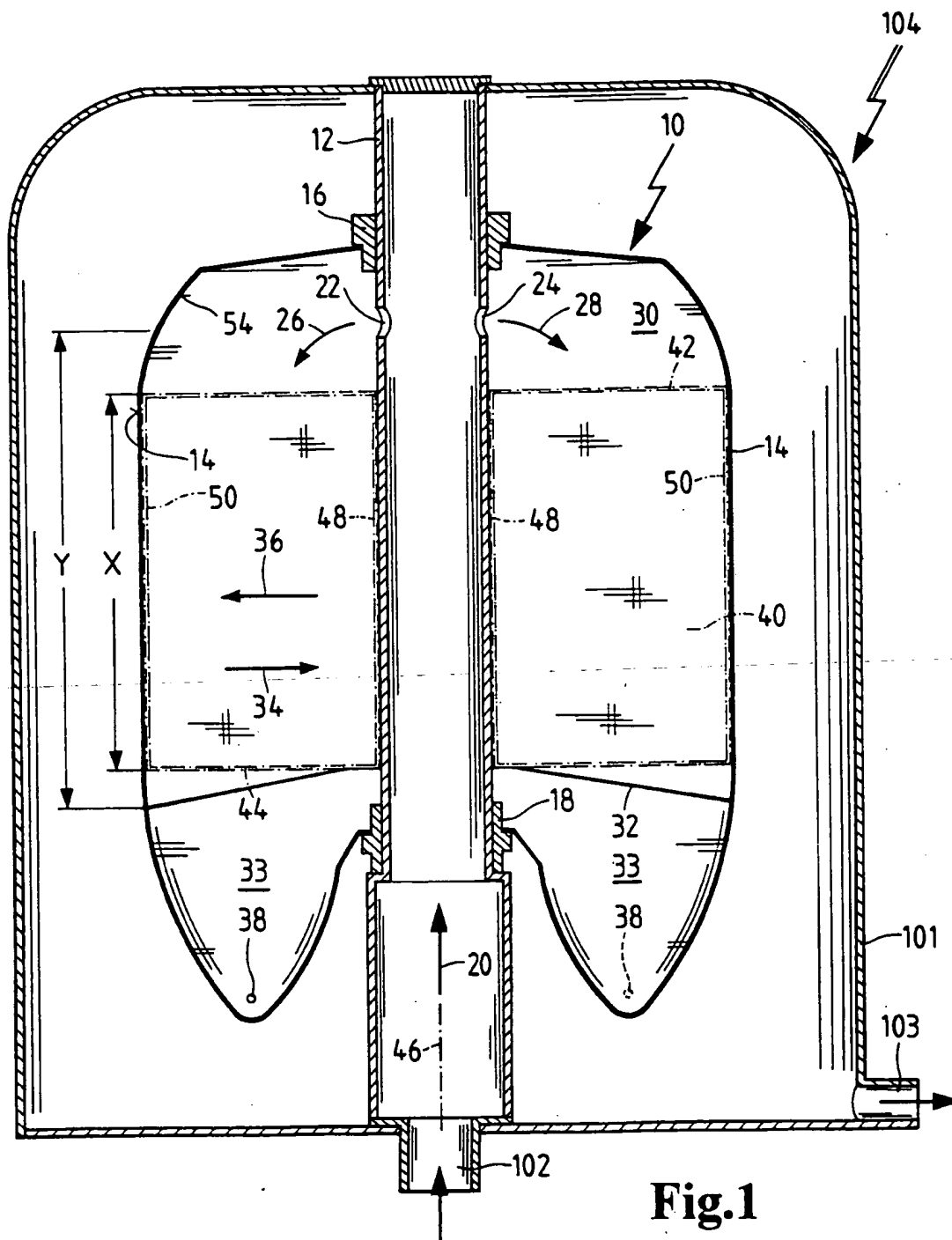
Die Abscheideflächen 52 sind über die gesamte Distanz zwischen Innenrohr 48 und Außenrohr 50 gekrümmt. Hierbei wird ein konstanter Krümmungswinkel gegenüber einer Ebene, die durch die Drehachse führt, eingehalten. Bevorzugt, wie in diesem Beispiel, ist der Krümmungswinkel $\alpha = 45^\circ$ (siehe Figur 2). Abhängig von Parametern wie der Partikelgröße, der Viskosität des zu zentrifugierenden Fluids und der Verweildauer des Fluids im Zentrifugenrotor kann der optimale Winkel jedoch insbesondere auch zwischen 30 und 60° liegen. Die Gestaltung der Abscheideflächen gewährleistet weiterhin, dass in der Nähe des Innenrohrs, wo die geringste Zentrifugalkraft herrscht, auch der Abscheidweg für die Partikel am geringsten ist, da der Abstand zwischen benachbarten Abscheideflächen sich zum Inneren des Einsatzes hin verkleinert.

Zurückkommend auf Figur 1 ist zu bemerken, dass der Einsatz eine Länge X hat. Diese Länge ist vorgegeben durch die Gesamtheit der Bauteile des Einsatzes, also dem Innenrohr 48, dem Außenrohr 50 und der Gesamtheit der Abscheideflächen 52. Die Länge X ist geringer als die Länge Y der Außenwand des Rotors 10. Hierdurch werden im Rotor 10 Bereiche 54 gebildet, welche die Sammlung des Fluids im Rotor und eine vorläufige Beruhigung des selben ermöglichen. Die Bereiche 54 gehen stufenlos in die Außenwand 14 über. Dadurch kann in Nachbarschaft der Bereiche 54 bereits vor Eintritt in den Einsatz eine Konzentrierung des Fluids mit abzuschheidenden Partikeln erfolgen. Hierdurch ist gewährleistet, dass sich der Filterkuchen im Einsatz bevorzugt am Außenrohr 50 aufbaut, um dessen Stabilität zu gewährleisten. Weiterhin wird dadurch verhindert, dass sich ein ungleichmäßiger Filterkuchen aufbaut, so dass der Rotor mit dem Einsatz optimal ausgewuchtet bleibt.

Eine nicht dargestellte Alternative ermöglicht ebenfalls die Unterbringung von mehreren Einsätzen in einem Rotor. Hierdurch kann einmal eine Art Baukastensystem geschaffen werden, so dass Rotoren unterschiedlicher Kapazität mit einer geringen Anzahl verschiedener Einsätze oder sogar nur einer Art von Einsätzen gebildet werden können. Außerdem kann ein Einsatz gebildet werden, welcher weniger Abscheideflächen beinhaltet und die Aufgaben der Bereiche 54 durch die Beruhigung des Fluides übernimmt.

Patentansprüche

1. Zentrifuge, insbesondere Freistrahlezentrifuge zur Reinigung von Schmieröl einer Brennkraftmaschine, aufweisend einen in einem Gehäuse (101) drehbar gelagerten Rotor (10) mit einem Ablagerungsflächen (52) für Verunreinigungen enthaltenden Einsatz (40), der durch die zu reinigende Flüssigkeit axial durchströmbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ablagerungsflächen im Einsatz spiralförmig zur Drehachse des Rotors ausgerichtet sind.
2. Zentrifuge nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ablagerungsflächen (52) einen konstanten Winkel α zu beliebigen, durch die Drehachse des Rotors (10) verlaufenden Ebenen aufweisen.
3. Zentrifuge nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkel α 45° beträgt.
4. Zentrifuge nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einsatz ein Innenrohr (48) aufweist, an dem die Ablagerungsflächen befestigt sind und von dem aus sie sich nach außen erstrecken.
5. Zentrifuge nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einsatz ein Außenrohr (50) aufweist, an dem die Ablagerungsflächen befestigt sind und von dem aus sie sich nach innen erstrecken.
6. Zentrifuge nach dem auf Anspruch 4 rückbezogenen Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Innenrohr (48) entweder reibungsarm mit einer Spindel (12) des Gehäuses zur Lagerung des Rotors (10) oder mit einem anderen Innenrohr des Rotors im Eingriff steht und sich auf der Innenseite einer Außenwand (14) des Rotors abstützt.
7. Zentrifuge nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einsatz (40) auswechselbar im Rotor (10) angeordnet ist.
8. Einsatz für einen Zentrifugenrotor mit Abscheideflächen, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese Ablagerungsflächen im Einsatz spiralförmig zur Drehachse des zugehörigen Zentrifugenrotors ausgerichtet sind.



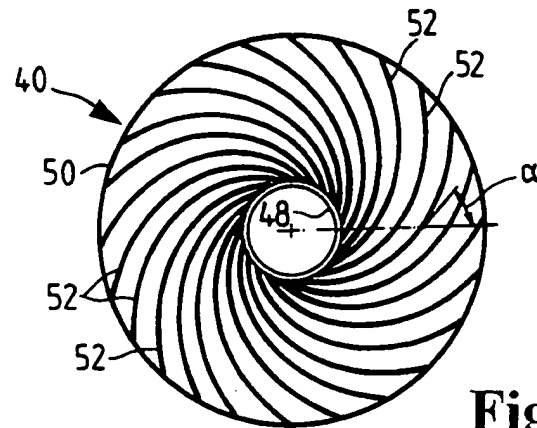


Fig.2

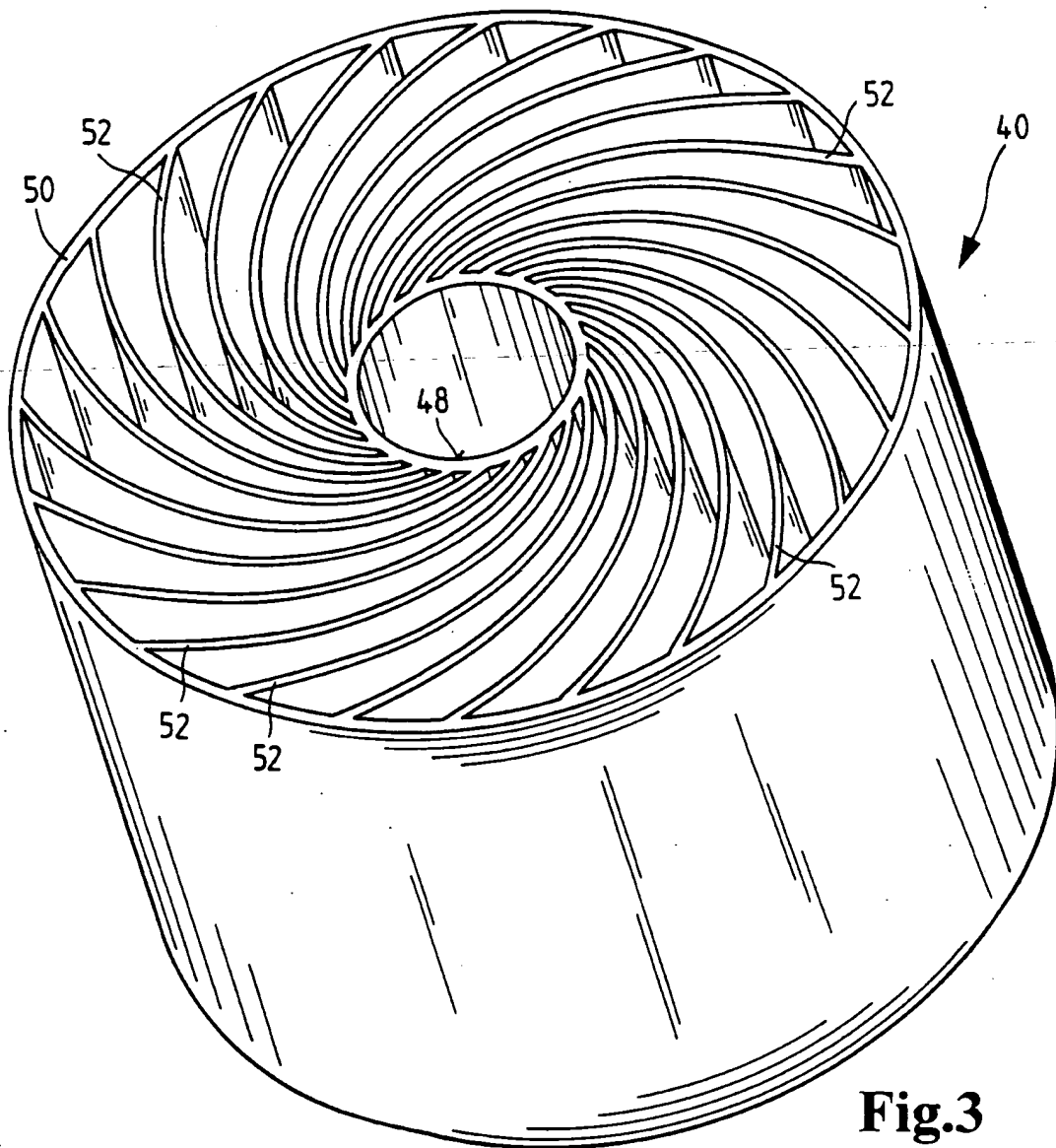


Fig.3

